Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 14, No. 1, June 2023, p. 75-91
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2208-1044




پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۴ شمارۀ۱، نیمۀ اوّل ۱۴۰۲
صفحۀ ۹۱-۷۵، نوع مقاله: پژوهشی

اثر فشردگی مدیریت تغذیه و سموم شیمیایی کشاورزی بر رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط مزرعه

هادی خاوری[1]، علی خورگامی[2]*، رضا میردریکوند[3] و کاظم طالشی[4]

۱- دانشجوی دکتری، آگروتکنولوژی-فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد، ایران؛ 2006.khavari.hadi@gmail.com؛ شناسه ارکید: 0000-0002-3127-646X

۲- عضو هیئت علمی(دانشیار) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد؛ Ali_khorgamy@yahoo.com
شناسه ارکید: 0000-0002-4213-9743

۳- عضو هیئت علمی(دانشیار) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد؛ drikvand_r@yahoo.com
شناسه ارکید: 0000-0001-5702-6779

۴- عضو هیئت علمی(استادیار) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خرم‌آباد؛ kazem_taleshi@yahoo.com
شناسه ارکید: 0000-0003-4445-8059

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۵، **بازنگری:** ۱۴۰۱/۰۸/۲۲، **پذیرش:** ۱۴۰۱/۰۹/۰۹؛ **انتشار آنلاین مقاله:** ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
خاوری، ه.، خورگامی، ع.، میردریکوند، ر.، و طالشی، ک. ۱۴۰۲. اثر فشردگی مدیریت تغذیه و سموم شیمیایی کشاورزی بر رشد و عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط مزرعه. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۹۱-۷۵.

چکیده

امروزه تنوع در نظام‌های زراعی برای تولید حداکثری محصولات کشاورزی نظرات قابل توجهی را به خود جلب کرده است. در این راستا آزمایشی با هدف بهبود سودآوری مزرعه و بازسازی نظام‌های زراعی متناسب با افزایش سلامت محصولات، بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و تولید پایدار محصول لوبیاقرمز، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰ در منطقه بیران‌شهر لرستان اجرا شد. نظام‌های زراعی مختلف شامل (اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده) و ارقام لوبیاقرمز شامل (افق، دادفر، گلی و یاقوت) بودند. مقادیر مختلف مصرف نهاده در نظام‌های زراعی شامل مدیریت زراعی، مصرف کود و سم بود. نتایج نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم، قطر ساقه، تعداد شاخه، ارتفاع بوته، تعداد برگ، محتوای کلروفیل، تعداد غلاف، وزن دانه، عملکرد زیست‌توده و دانه و شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده (۳۰۵۴/۳۰ کیلوگرم در هکتار) و در نظام زراعی تلفیقی (۳۰۰۷/۳۳ کیلوگرم در هکتار) هر دو در یک کلاس آماری به‌دست آمد. عملکرد دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُرنهاده به ترتیب به میزان ۲۷/۵۶، ۱۸/۱۴ و ۴۰/۰۹ درصد و در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۲۶/۰۲، ۱۳/۲۵ و ۱۶/۵۰ درصد افزایش نشان داد. یافته‌ها نشان داد که نظام زراعی تلفیقی توانست هم‌تراز با نظام زراعی پُرنهاده، ویژگی‌های زراعی ارقام لوبیاقرمز را نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده و متوسط نهاده به بالاترین سطح خود برای افزایش تولید اقتصادی برسانند.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی؛ تولید پایدار؛ شاخص برداشت؛ عملکرد دانه؛ کلروفیل برگ

مقدمه

در مقیاس جهانی، تقاضا برای محصولات کشاورزی هم‌زمان با رشد روزافزون جمعیت انسان‌ها در حال افزایش است. کشورهای با درآمد پایین و متوسط برای مقابله با چالش‌های امنیت غذایی خود در تلاش هستند (Kumari *et al*., 2022). از طرفی، کشاورزی مدرن با هدف تولید حداکثری محصولات زراعی در جهت پاسخ به نیازهای جمعیت رو به رشد جهان و بدون اطمینان از اثرات آن بر محیط زیست در حال انجام است (Taylor *et al*., 2020). شیوه‌های کشاورزی متداول در سراسر جهان به استفاده گسترده از کودها و سموم شیمیایی

* **نویسنده مسئول:** Ali_khorgamy@yahoo.com

وابسته است (Wang *et al*., 2018). امروزه در تمامی نظام‌های زراعی، کاهش وابستگی به انرژی‌های یارانه‌ای (کودها و سموم شیمیایی) از اهداف اساسی به شمار می‌آید. بدیهی است، شناسایی پتانسیل‌های تولید در بوم نظام‌های زراعی مختلف بر پایه تحقیقات علمی کمک شایانی به افزایش بهره‌وری تولید خواهد نمود. از آنجایی که مصرف انرژی یکی از ضرورت‌های مهم در نظام‌های مختلف تولید (اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده، تلفیقی و پُرنهاده) به شمار می‌آید، معرفی یک سیستم کارآمد انرژی کمک بزرگی به چرخه اقتصاد کشاورزی خواهد کرد (Asgharipour *et al*., 2019). بنابراین، استفاده از بهترین شیوه‌های مدیریت عناصر غذایی در بوم‌نظام‌های متنوع و نظام‌های مختلف تولید برای افزایش تولید غذا و بهبود سودآوری مزرعه در کنار بهبود کارایی منابع طبیعی بسیار مهم است (Antil and Raj, 2020). از طرفی استفاده ناکافی و نامتعادل از کودهای شیمیایی موجب کمبود گسترده عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی و بور) مورد نیاز گیاهان زراعی و کاهش سلامت خاک در بسیاری از مناطق دنیا شده است (Yadav *et al*., 2018). امروزه، کوددهی متوازن به معنای استفاده منطقی از کودهای شیمیایی، زیستی و آلی به گونه‌ای است که افزایش عملکرد محصول را تضمین کند. همچنین کیفیت محصولات تولیدی را افزایش دهد و موجب کاهش نسبت هزینه به سودآوری برای کشاورزان گردد و کمترین اثر نامطلوب را بر خاک و محیط زیست داشته باشد (Gogoi *et al*., 2018; Yadav *et al*., 2018). نظام‌های زراعی پایدار تضمین کننده ماندگاری عملکرد محصولات تولید شده برای جمعیت در حال توسعه حال و آینده بدون به خطر انداختن اجزای زیستی و فیزیکی محیط زیست است که در آن تولید در حال انجام است (Epule, 2019). یکی از مهم‌ترین ابزارهای دستیابی به این هدف، بکارگیری کودهای آلی با منشأ طبیعی و میکروارگانسم‌های مؤثر در طی مسیر تولید محصولات زراعی است (Bhowmik and Das, 2018). در نتیجه حفظ بهره‌وری محصولات زراعی و افزایش سلامت خاک به‌صورت طولانی مدت تنها از طریق افزایش سهم منابع آلی و کودهای زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی امکان‌پذیر خواهد بود (Antil and Raj, 2020; Bhowmik and Das, 2018). با توجه به اهمیت تولید حبوبات در کشور، ارزیابی پاسخ این گیاهان نسبت به کاربرد کودهای زیستی و آلی در جهت بهینه‌سازی مصرف کودهای شیمیایی در راستای تولید پایدار این محصولات نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Khavari and Shakarami, 2019). کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزا آربسکولار (AMF) و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) از جمله ریزوبیوم همزیست با لوبیا (*Rhizobium phaseoli*)، گروهی از ریزجانداران مؤثر، غیر بیماری‌زا، و مستعمره کننده ریشه هستند که در ریزوسفر گیاهان ساکن هستند و رشد و عملکرد گیاه را تقویت می‌کنند (Naseri, 2019; Khavari and Shakarami, 2019; Gupta and pandey, 2020). بیوچار یک ماده جامد است که از کربن شدن (تبدیل به ذغال شدن) زیست‌توده تولید می‌شود. منابع زیست‌توده شامل بقایای محصولات کشاورزی، ضایعات فرآوری مواد غذایی، زباله‌های جامد (زباله‌های خانگی، باقیمانده مواد غذایی و ...)، فضولات حیوانی (مواد دفع شده از حیوانات زنده) و فاضلاب‌های شهری است که تحت شرایط محدود اکسیژن در اثر حرارت تجزیه (پیرولیز) می‌شوند (Lee *et al*., 2019; Huang *et al*., 2020). دارای خصوصیات بی‌نظیری مانند سطح ویژه بزرگ، ظرفیت بافر pH، توانایی تبادل یونی و به‌عنوان یک جاذب چند منظوره کارآمد، مقرون به صرفه و سازگار با محیط زیست در نظر گرفته می‌شود (Huang *et al*., 2020). علاوه بر این، بیوچار با بهبود خواص تبادل یونی، افزایش اسیدیته خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب، اثر مثبتی بر بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Ye *et al*., 2020). بیوچار می‌تواند به عنوان یک اصلاح کننده خاک و به‌طور بالقوه به عنوان یک کود نیز مورد استفاده قرار گیرد که موجب تحریک فعالیت میکروبی خاک و افزایش عملکرد محصولات زراعی می‌شود (El-Naggar *et al*., 2018). تولید ورمی‌کمپوست روشی برای تبدیل زباله‌های آلی به مواد قابل استفاده است که در آن از گونه‌های کرم‌خاکی (*Eisenia fetida*) برای تثبیت زباله‌های آلی استفاده می‌شود. ورمی‌کمپوست به دلیل داشتن ساختار متخلخل، ظرفیت ذخیره سازی بالای آب، داشتن مواد شبه هورمونی، تنظیم کننده‌های رشد گیاه و سطوح بالای عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم و همچنین ریزمغذی‌هایی مانند آهن، روی، مس و منگنز، محیطی را در خاک تشکیل می‌دهد که از رشد گیاه حمایت می‌کند. همچنین ورمی‌کمپوست دارای مواد هیومیک است که موجب افزایش عملکرد و رشد گیاهان و در نتیجه افزایش تولیدات کشاورزی می‌شود (Hosseinzadeh *et al*., 2018). در پژوهش‌های مزرعه‌ای متعددی نقش مفید و کارآمدی استفاده از کودهای زیستی میکوریزا و ریزوبیوم (Razakatiana *et al*., 2020; Khavari and Shakarami, 2019) و کودهای آلی بیوچار (Kumari *et al*., 2022; Velez *et al*., 2018) و ورمی‌کمپوست (Belmeskine *et al*., 2018; Sharma *et al*., 2018) در تولید حبوبات به‌ویژه لوبیا گزارش شده است. با

توجه به بررسی‌های انجام شده، امروزه تنوع در نظام‌های زراعی برای تولید حداکثری محصولات کشاورزی نظرات قابل توجهی را به خود جلب کرده است. بنابراین، هدف از این آزمایش کم-هزینه نمودن مصرف کودها و سموم شیمیایی از طریق مدیریت و بازسازی نظام‌های زراعی متداول در منطقه با کاربرد کودهای زیستی و آلی متناسب با افزایش سلامت محصولات تولید شده در مزرعه، در راستای بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و تولید پایدار محصول لوبیاقرمز در کشور در شرایط مزرعه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه‌ای واقع در منطقه بیران‌شهر استان لرستان با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۵۷ متر از سطح دریا، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نظام‌های زراعی مختلف شامل (اکولوژیک=C1 ، تلفیقی=C2، کم‌نهاده=C3، متوسط نهاده=C4 و پُرنهاده=C5) و ارقام مختلف لوبیاقرمز شامل (افق=G1، دادفر=G2، گلی=G3 و یاقوت=G4) بودند. مقادیر مختلف مصرف نهاده در نظام‌های زراعی شامل مصرف کود، سم و عملیات مدیریت زراعی در جدول ۳ ارائه شده است. زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل به کشت گیاه شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) اختصاص داشت. قبل از انجام آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از دو عمق صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری انجام شد. خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

کود زیستی میکوریزا آربسکولار با پتانسیل ۱۰۰ قطعه تکثیر (پروپاگول) در هر گرم، از گونه‌های مختلف (*Glomus etunicatum, G. Intraradices, G. mossea*) با نام تجاری مایکوروت از شرکت زیست‌فناور پیشتاز واریان (دانش‌بنیان)، مایه‌تلقیح مایع ریزوبیوم همزیست لوبیا (*Rhizobium phaseoli* Rb-133) با تراکم جمعیت 5×10^8 CFU بر گرم به ازای هر میلی‌لیتر از مؤسسه تحقیقات خاک‌وآب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک)، بیوچار تهیه شده از چوب درخت انار (*Punica granatum* L.) از شرکت تعاونی-تولیدی فصل‌پنجم (فرحبخش)، ورمی‌کمپوست از شرکت نوآوران کشت‌وصنعت ساینا (سبزینه‌کشت) و کود کامل ریزمغذی با نام تجاری (NutriPad) ساخت شرکت پادنا کود (PADENA fertilizer) ایران (جدول ۲)؛

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical characteristics of experimental field

بافت خاک Soil Texture	رطوبت وزنی در ظرفیت مزرعه (درصد) Moistuer content at field capacity (%)	رس Clay (%)	لای Silt (%)	شن Sand (%)	مس Cu (mg.kg⁻¹)	روی Zn	منگنز Mg	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N (%)	کربن آلی O.C (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)
لومی رسی Clay Loam	22.43	39.4	44.6	16	0.92	0.73	5.34	4.35	238	8.46	0.091	1.16	1.09	7.23	0-30
لومی رسی Clay Loam	19.23	31.65	48.72	19.63	0.83	0.69	5.11	2.62	187	4.51	0.015	0.68	0.86	7.11	30-60

و بذور ارقام لوبیاقرمز شامل رقم افق (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین المللی Morado، فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ ۲، مناسب برای برداشت مکانیزه، زودرس، متوسط دوره رشد و نمو ۸۵ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه ای، مقاوم به بیماری های ویروسی، بازار پسندی مطلوب، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در مناطق با سرمای زود هنگام پاییزه در کشور)، رقم دادفر (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین المللی Red Mexican ، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۱۰۱ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه ای، مقاوم به بیماری های ویروسی، بازار پسندی مطلوب، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در اقلیم معتدل و سرد کشور)، رقم گلی (منشأ کلمبیا، کلاس تجاری بین المللی Red Mexican ، فرم بوته رونده و رشد نامحدود تیپ ۳، متوسط دوره رشد و نمو ۹۵ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه ای، مقاوم به بیماری های ویروسی، بازار پسندی عالی، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در کشور) از پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان بروجرد، و رقم یاقوت (منشأ، خالص شده از توده‌های بومی ایران، کلاس تجاری بین المللی Morado، فرم بوته ایستاده و رشد نامحدود تیپ ۲، مناسب برای برداشت مکانیزه، متوسط دوره رشد و نمو ۸۷ روز، مقاوم به آفت کنه دو نقطه ای، مقاوم به بیماری های ویروسی، بازار پسندی عالی، تحمل بالا در برابر خشکی و مناسب برای کاشت در تمامی مناطق رایج تولید لوبیا در کشور) از شرکت خدمات توسعه کشاورزی زنجان کشت خیرآباد تهیه گردید.

به‌منظور آماده‌سازی بستر کاشت، پس از برداشت محصول شبدر برسیم، زمین موردنظر توسط گاوآهن برگرداندار در اواخر اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۰ شخم زده شد. پس از تسطیح زمین، واحدهای آزمایشی با ابعاد ۶×۲/۵ متر و جوی و پشته‌ها توسط نهرکن با عرض ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. جهت جلوگیری از تداخل اثر تیمارها، فاصله بین واحدهای آزمایشی یک متر و بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. با توجه به شرایط حساس جوانه‌زنی گیاه لوبیا، آبیاری پیش از کاشت (خاک‌آب) انجام شد. پس از گذشت چهار روز با گاوروشدن زمین، بذور در تاریخ ۱۴ خرداد ۱۴۰۰ به روش هیرم‌کاری (نم‌کاری)، به‌صورت دستی در خطوطی با طول شش متر با فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر و با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع در عمق پنج تا هفت سانتی‌متری خاک کشت شدند. ماده تلقیح پودری مایکوروت (حاوی گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربسکولار) به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت کوددهی نواری و طبق دستورالعمل شرکت سازنده استفاده شد؛ به این صورت که پس از ایجاد شیار مقدار مشخص شده از ماده تلقیح در طول خط کاشت و با عمق دو سانتی‌متری زیر بذور ریخته شد (در حدود ۰/۶۲۵ گرم به ازای هر بذر) و سپس روی آن با خاک پوشانده شد. مایه‌زنی با مایه-تلقیح مایع ریزوبیوم همزیست لوبیا در سایه انجام گردید. به منظور مایه‌زنی بذرها، قبل از کاشت میزان بذر مورد نیاز برای هر واحد آزمایشی محاسبه و در داخل ظروف پلاستیکی ریخته شد. سپس یرای چسبندگی بیشتر با سلول‌های باکتری، با مایع صمغ عربی به نسبت ۲۰ میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم بذر آغشته شدند. مایه‌تلقیح مایع ریزوبیوم به نسبت ۵۰ میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر اضافه شد و برای تکمیل مایه‌زنی به‌طور کامل مخلوط شد و در نهایت بذرها پس از گذشت مدت ۳۰ دقیقه با خشک شدن نسبی کشت شدند.

بیوچار به میزان ۱۰ تن در هکتار و ورمی‌کمپوست به میزان ۱۵ تن در هکتار استفاده شد، به این صورت که مقدار مشخص شده از این کودهای آلی برای تیمارهای مربوطه قبل از کاشت تا عمق ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متری خاک مخلوط گردید. همچنین کود کامل ریز مغذی با غلظت دو در هزار به صورت محلول‌پاشی مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری با روش نشتی (فارویی) در طی مراحل رشد و نمو بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نیاز زراعی گیاه انجام شد. برای محاسبه نیاز آبی ارقام لوبیاقرمز در منطقه مورد آزمایش از نرم افزار بهینه‌سازی و برنامه ریزی مصرف آب کشاورزی (OPTIWAT) استفاده شد. (حجم آب مصرفی برای لوبیاقرمز در منطقه مورد آزمایش با میانگین ضریب گیاهی kc (۰/۸۶۱) در شرایط مساعد زراعی (عدم تنش) در حدود ۱۴۳۱۲ تا ۱۹۷۳۵ متر مکعب برای روش آبیاری سطحی محاسبه شد. اولین آبیاری پس از خروج جوانه‌ها و استقرار کامل گیاهچه‌ها در ۱۰ روز پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری با توجه به مراحل مختلف نمو بوته‌ها از ۷ روز (مراحل اولیه رشد) تا ۵ روز (از زمان شروع مرحله گلدهی به-طور تقریبی ۵۹ روز پس از کاشت تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و برداشت محصول) یک‌بار انجام شد. میانگین حجم آب مصرفی در طی دوره رشد و نمو ژنوتیپ‌های لوبیاقرمز با احتساب مرحله خاک‌آب (آبیاری قبل از کاشت) در حدود ۱۷۲۰۸/۶ مترمکعب در هکتار و میانگین تعداد دفعات آبیاری تا پایان فصل رشد ۱۷ مرحله بود. روش اعمال تیمارها و مدیریت زراعی در نظام‌های زراعی مختلف شامل (عملیات تهیه زمین، میزان مصرف کودهای شیمیایی، زیستی و آلی؛ تعداد دفعات مبارزه با علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات گیاهی و فواصل زمانی آبیاری) در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات بیوچار، ورمی‌کمپوست و کود کامل ریزمغذی مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Characteristics of Biochar, Vermicompost and Totalize fertilizer used in the experiment

نام تجاری Commercial name	محتوا Content										
بیوچار Biochar	خاکستر ash (%)	کلسیم Ca (%)	پتاسیم K (%)	فسفر (%) P	نیتروژن N (%)	هدایت الکتریکی EC (ds.m^{-1})	منگنز Mg (%)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) O.C (%)	نسبت کربن/ نیتروژن C/N	ماده آلی (درصد) O.M (%)
	24.6	**4.26**	**0.17**	**0.14**	**0.79**	**0.2**	**5.77**	**8.2**	**8.06**	**10.20**	**13.89**
ورمی‌کمپوست Vermicompost		پتاسیم (درصد) K (%)		فسفر (درصد) P (%)		نیتروژن (درصد) N (%)			کربن آلی (درصد) O.C (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
		0.55		0.24		0.473			8.67	2.44	8.23
NutriPad 20-20-20	عناصر غذایی پر مصرف (درصد) Macro Nutrients %			عناصر غذایی کم‌مصرف (پی پی ام) Micro Nutrients (PPM)							
	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	بور B	مس Cu	آهن Fe		منیزیم Mn	مولیبدن Mo	روی Zn	آمینو اسید Amino Acid
	20	20	20	200	300	1200		300	50	900	8000

جدول ۳- میزان نهاده‌های مصرفی و مدیریت زراعی در نظام‌های زراعی مختلف

Table 3. Amount of Consumed inputs and cropping management in different cropping systems

		پُر نهاده High input	متوسط نهاده Medium input	کم‌نهاده Low input	تلفیقی Integrated	اکولوژیک Ecological
عملیات خاک‌ورزی Land preparation operations	Plow (No.) شخم (تعداد)	2	1	1	1	1
	Disk (No.) دیسک (تعداد)	2	2	1	1	-
	Leveler (No.) لولر (تعداد)	2	1	-	1	-
	Furrow (No.) نهرکن (تعداد)	1	1	1	1	1
کود شیمیایی Chemical fertilizer	نیتروژن (از منبع اوره ۴۶ درصد) N ($kg.ha^{-1}$)	300	150	100	150	-
	فسفر (سوپرفسفات تریپل ۴۶ درصد) P_2O_5 ($kg.ha^{-1}$)	200	100	50	100	-
	پتاسیم (سولفات پتاسیم گرانوله ۵۰ درصد) K_2O ($kg.ha^{-1}$)	150	100	50	100	-
	محلول‌پاشی کود کامل ریزمغذی (غلظت دو در هزار) Totalize fertilizer (foliar spray 2% per 1000 lit)	3	2	1	2	-
کود زیستی Biological fertilizer	میکوریزا آربسکولار(کیلوگرم در هکتار) Arbuscular mycorrhizal (kg.ha)	-	-	-	250	250
	ریزوبیوم (میلی‌لیتر برای هر کیلوگرم بذر) Rhizobium (50 ml per 100 gr seed)	-	-	-	50	50
کود آلی Organic fertilizer	بیوچار (تن در هکتار) Biochar (ton.ha)	-	-	-	10	10
	ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost	-	-	-	15	15
مبارزه با علف‌های هرز Weeds control	شیمیایی (علف‌کَش) Chemical (herbiside)	2	2	1	1	-
	مکانیکی (وجین دستی) mechanical (weeding by hand)	-	1	2	1	3
مبارزه با آفات Pests Control	شیمیایی (آفت‌کَش) Chemical (pestiside)	3	2	1	1	-
مبارزه با بیماری‌ها Fungiside	شیمیایی (قارچ‌کَش) Chemical (Fungiside)	2	2	1	1	-
دور آبیاری Irrigation	فاصله به روز Intervals in day	5	6	7	6	7

در پایان فصل رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی همه ارقام، برداشت محصول با در نظر گرفتن اثر حاشیه (حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط کاشت) بوته‌ها به صورت کف‌بُر در سطح چهار متر مربع انجام شد و پس از خشک‌شدن کامل بوته‌ها در شرایط نور طبیعی مزرعه، عملکرد زیست‌توده و دانه (با رطوبت ۱۴ درصد) اندازه‌گیری شد. قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و تعداد غلاف در بوته با انتخاب تصادفی تعداد ۱۰ بوته (۶۰ سانتی‌متر طولی) از هر واحد آزمایشی تعیین شدند. محتوای کلروفیل برگ (SPAD) نیز در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بوته‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD 502) اندازه‌گیری شد. وزن ۱۰۰ دانه با استفاده از تعداد ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی از بذرهای حاصل از عملکرد دانه محاسبه گردید. به این صورت که پس از توزین جداگانه هر نمونه (با دقت ۰/۰۱ گرم)، میانگین حسابی این اعداد به عنوان وزن ۱۰۰ دانه برای هر تیمار ثبت شد. برای محاسبه شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، ضرب‌در عدد ۱۰۰ استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9.1.3 تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین تیمارهای مورد بررسی نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح آماری پنج

درصد با گزاره LSMEANS برش‌دهی اثر متقابل در ویژگی‌هایی که اثر برهمکنش آنها معنی‌دار بود، انجام شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی به روش پیرسون بین صفات از نرم‌افزار SPSS 16.0 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نظام زراعی و رقم لوبیا بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 4. Analysis of variance (mean square) the effect of (C) Cropping systems and (G) Genotype on the traits of bean

منابع تغییر **Source Of Variation**	درجه آزادی **Degree Of Freedom**	قطر ساقه **Stem diameter**	تعداد شاخه در بوته **Branch No. per plant**	ارتفاع بوته **Plant height**	تعداد برگ **Leafs number**
تکرار Block	2	0.370 ns	0.375 ns	74.80 ns	117.66 ns
نظام‌های زراعی C	4	1.93 **	7.59 **	2683.68 **	4138.04 **
رقم G	3	0.299 ns	8.74 **	913.29 **	990.06 **
نظام‌های زراعی×رقم C*G	19	0.787 **	4.02 **	863.56 **	1040.58 **
خطا Error	40	0.298	1.58	46.87	36.65
ضریب تغییرات (درصد) V (%).C	-	10.06	13.3	14.91	16.95

ns، * و **؛ به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05 and **, significant at P≤0.01.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر قطر ساقه معنی‌دار گردید (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسه میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم، بیشترین میانگین قطر ساقه در بوته لوبیاقرمز رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده و کمترین میانگین آن به ترتیب در ارقام یاقوت، افق، دادفر و گلی (همه در یک کلاس آماری) در نظام زراعی اکولوژیک به‌دست آمد (جدول ۵). قطر ساقه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُرنهاده به ترتیب به میزان ۱۵/۷۱، ۷۳/۸۱ و ۴۳/۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد شاخه جانبی در بوته ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد شاخه در بوته ارقام لوبیاقرمز در نظام‌های زراعی مورد بررسی دارای تفاوت معنی‌داری است، به‌طوری که رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده بیشترین و رقم دادفر در نظام زراعی کم‌نهاده کمترین میانگین تعداد شاخه در بوته را تولید نمودند (جدول ۵). تعداد شاخه در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُرنهاده به ترتیب به میزان ۳۲/۵۶، ۵۸/۵۱ و ۶۹/۸۱ درصد افزایش نشان داد. این رقم در نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده و پُرنهاده نیز نسبت به سایر ارقام بیشترین تعداد شاخه جانبی را به خود اختصاص داد (جدول ۵). نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که ارقام لوبیاقرمز دارای تفاوت رشدی متفاوتی در نظام‌های زراعی مورد بررسی می‌باشند، به این صورت که بیشترین میانگین ارتفاع بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده و کمترین میانگین آن در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک به دست آمد (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که ارتفاع بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُرنهاده به ترتیب به میزان ۸/۷۹، ۱۵/۵۴ و ۲۵/۸۲ درصد افزایش یافت (جدول ۵). با توجه به نتایج، اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد برگ در بوته ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که نظام‌های زراعی مختلف توانایی متفاوتی در تولید تعداد برگ در بوته ارقام لوبیاقرمز داشت. به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ در بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده و کمترین میانگین آن در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک مشاهده شد (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین تیمارها

نشان داد که تعداد برگ در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُرنهاده به ترتیب به میزان ۱۹/۸۷، ۹/۱۵ و ۱۰/۷۵ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر محتوای کلروفیل برگ (اسپاد) معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم (جدول ۷) نشان داد که بیشترین میانگین محتوای کلروفیل برگ مربوط به ارقام دادفر و یاقوت در نظام زراعی پرنهاده (هر دو در یک کلاس آماری) و کمترین میانگین محتوای کلروفیل برگ در رقم افق در نظام زراعی اکولوژیک به‌دست آمد. ارقام مورد بررسی به لحاظ محتوای کلروفیل برگ نسبت به نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند، به‌طوری‌که محتوای کلروفیل برگ در رقم دادفر به ترتیب به میزان ۵/۹۳ و ۱/۷۳ درصد و رقم یاقوت ۵/۴۵ و ۱۲/۶۸ درصد نسبت به ارقام افق و گلی در نظام زراعی پُرنهاده افزایش نشان داد (جدول ۷).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده و کمترین میانگین آن در رقم دادفر در نظام زراعی متوسط نهاده به‌دست آمد. همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد غلاف در بوته در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پُرنهاده به ترتیب به میزان ۴۷/۱۸، ۴۹/۱۶ و ۴۴/۳۸ درصد افزایش داشت (جدول ۷). نظام‌های زراعی توانایی تولید متفاوتی را نسبت به تولید غلاف در بوته ارقام لوبیاقرمز نشان دادند به‌طوری که تعداد غلاف در بوته رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده و متوسط نهاده به ترتیب به میزان ۴۴/۹۰، ۱/۰۸، ۴۸/۷۵ و ۲۲/۹۵ درصد افزایش نشان داد. تعداد غلاف در بوته در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۶۴/۵۰، ۳۵/۲۳، ۳۷/۳۴ و ۱۷/۵۲ درصد افزایش یافت. تعداد غلاف در بوته رقم دادفر در نظام زراعی اکولوژیک نسبت به نظام‌های زراعی تلفیقی، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۴/۲۶، ۸/۶۴، ۴۳/۸۷ و ۳۱/۴۴ درصد افزایش نشان داد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو عامل بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 5. Mean comparison of two factors interaction effect of characters on the traits

تیمار Treatment	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته Branch No. per plant	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته Leafs number
C_1G_1	2.13 ^{c}	4.03 ^{d}	75.62 ^{i}	91.00 ^{ij}
C_1G_2	2.28 ^{c}	4.88 $^{b-d}$	106.33 $^{c-e}$	94.33 ^{ij}
C_1G_3	2.29 ^{c}	4.59 $^{b-d}$	73.71 ^{i}	89.00 ^{j}
C_1C_4	2.09 ^{c}	5.29 $^{b-d}$	88.64 $^{f-h}$	101.00 ^{hi}
C_2G_1	2.87 ^{bc}	5.84 $^{a-d}$	97.42 ^{ef}	115.33 ^{fg}
C_2G_2	3.09 $^{a-c}$	6.72 $^{a-c}$	110.50 ^{cd}	128.00 $^{b-e}$
C_2G_3	3.42 ^{ab}	6.96 ^{ab}	98.14 $^{d-f}$	123.00 $^{d-f}$
C_2G_4	3.07 $^{a-c}$	6.77 $^{a-c}$	99.45 $^{d-f}$	138.66 ^{b}
C_3G_1	2.68 ^{bc}	4.33 ^{cd}	84.04 $^{g-i}$	91.33 ^{ij}
C_3G_2	3.03 ^{bc}	3.88 ^{d}	93.37 ^{fg}	100.66 ^{hi}
C_3G_3	2.33 ^{c}	5.33 $^{b-d}$	79.70 ^{hi}	95.00 ^{ij}
C_3G_4	2.61 ^{bc}	5.88 $^{a-d}$	76.12 ^{hi}	111.00 ^{gh}
C_4G_1	2.66 ^{bc}	4.09 ^{d}	77.41 ^{hi}	115.00 ^{fg}
C_4G_2	2.72 ^{bc}	4.48 $^{b-d}$	109.75 $^{c-e}$	124.33 $^{d-f}$
C_4G_3	2.18 ^{c}	5.80 $^{a-d}$	92.56 ^{fg}	117.66 $^{e-g}$
C_4G_4	2.89 ^{bc}	6.76 $^{a-c}$	93.46 ^{fg}	131.66 $^{b-d}$
C_5G_1	3.50 ^{ab}	6.11 $^{a-d}$	123.83 ^{ab}	125.66 $^{c-f}$
C_5G_2	2.33 ^{c}	5.11 $^{b-d}$	116.60 ^{bc}	138.00 ^{b}
C_5G_3	2.83 ^{bc}	4.77 $^{b-d}$	107.07 $^{c-e}$	136.00 ^{bc}
C_5G_4	4.05 ^{a}	8.10 ^{a}	134.72 ^{a}	150.63 ^{a}

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی برهمکنش).

C نظام‌های زراعی (اکولوژیکC1، تلفیقیC2، کم‌نهادهC3، متوسط نهادهC4 و پُرنهادهC5) و G ارقام لوبیاقرمز (افقG1، دادفرG2، گلیG3 و یاقوتG4)

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Duncan's multiple range test different at P≤0.05

Cropping syetems C (Ecological G1, Integrated G2, Low input G3, Medium input G4 and High input G5) and red bean Genotypes (Ofogh G1, Dadfar G2, Goli G3 and Yaghot G4)

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نظام زراعی و رقم بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 6. Analysis of variance (mean square) the effect of (C) Cropping systems and (G) Genotype on the traits

منابع تغییر **Source Of Variation**	درجه آزادی **Degree Of Freedom**	محتوای کلروفیل (اسپاد) **Chlorophyll Content (SPAD)**	تعداد غلاف در بوته **Pod No. per plant**	وزن صد دانه **100 seed weight**	عملکرد زیست‌توده **Biological yield**	عملکرد دانه **Seed yield**	شاخص برداشت **Harvest index**
تکرار Block	2	4.68 ns	32.26 ns	47.25 ns	389212.22 ns	23484.06 ns	14.37 ns
نظام‌های زراعی C	4	79.13 **	56.88 *	47.30 ns	7246585.60 **	1752438.108 **	194.23 **
رقم G	3	33.89 **	143.33 **	482.04 **	2313732.42 **	718229.17 **	228.53 **
نظام‌های زراعی×رقم C*G	12	24.15 **	47.74 **	102.71 **	2673438.72 **	531657.34 **	91.27 **
خطا Error	38	2.13	18.17	34.27	410637.53	34303.57	10.08
ضریب تغییرات (درصد) V (%).C	-	13.16	12.60	11.71	10.25	8.40	8.95

ns، * و **؛ به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05 and **, significant at P≤0.01.

تعداد غلاف در بوته رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۲۰/۰۷، ۴۲/۳۹، ۳۵/۶۵ و ۲۱/۹۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر وزن ۱۰۰ دانه ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار گردید (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم نشان داد که بیشترین میانگین وزن ۱۰۰ دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی کم‌نهاده و کمترین میانگین آن در رقم افق در نظام زراعی متوسط نهاده به دست آمد (جدول ۷). نظام‌های زراعی مورد بررسی نیز به لحاظ توانایی تولید وزن دانه بیشتر، پاسخ‌های متفاوتی نشان دادند. در یک رتبه‌بندی به لحاظ تولید وزن دانه بیشتر در نظام‌های زراعی به ترتیب می‌توان رقم یاقوت در نظام زراعی کم‌نهاده، ارقام گلی و دادفر در نظام زراعی اکولوژیک و رقم افق در نظام زراعی پُرنهاده را عنوان نمود (جدول ۷). وزن ۱۰۰ دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی کم‌نهاده به ترتیب به میزان ۶۰/۲۸، ۳۷/۸۶ و ۴۷/۰۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد زیست‌توده معنی‌دار گردید (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارقام لوبیاقرمز به لحاظ تولید زیست‌توده در نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ‌های متفاوتی را نشان دادند به‌طوری‌که بیشترین عملکرد زیست‌توده به ترتیب در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی، ارقام یاقوت و افق در نظام زراعی پُرنهاده به دست آمد که به‌طور نسبی در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۷). عملکرد زیست‌توده در رقم دادفر نسبت به ارقام افق، گلی و یاقوت در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۴۲/۷۰، ۱۰/۴۴ و ۲۸/۷۸ درصد افزایش یافت. کمترین میانگین عملکرد زیست‌توده در رقم گلی در نظام زراعی اکولوژیک به‌دست آمد (جدول ۷). در بین ارقام مورد بررسی نیز بیشترین عملکرد زیست‌توده در رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده، ارقام گلی و دادفر در نظام زراعی تلفیقی و رقم افق در نظام زراعی پُرنهاده نسبت به سایر نظام‌های زراعی به‌دست آمد (جدول ۷). با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار گردید (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نظام‌های زراعی توانایی تولید متفاوتی به لحاظ افزایش عملکرد دانه در بین ارقام مورد بررسی دارند، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در رقم یاقوت به ترتیب در نظام زراعی پرنهاده و تلفیقی به‌دست آمد که به‌طور نسبی در یک کلاس آماری قرار گرفتند. عملکرد دانه در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی پرنهاده به ترتیب به میزان ۲۷/۵۶، ۱۸/۱۴ و ۴۰/۰۹ درصد؛ و در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان

۲۶/۰۲، ۱۳/۲۵ و ۱۶/۵۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷). همچنین کمترین میانگین عملکرد دانه در رقم افق در نظام زراعی کم نهاده به‌دست آمد، که در مقایسه با ارقام دادفر، گلی و یاقوت در نظام زراعی کم نهاده به ترتیب در حدود ۷/۴۲، ۴/۰۳ و ۳/۸۵ درصد کاهش تولید اقتصادی را نشان داد (جدول ۷). نظام‌های زراعی توانایی تولید اقتصادی متفاوتی را در این آزمایش نشان دادند، به‌طوری‌که عملکرد دانه در رقم یاقوت در نظام زراعی پُرنهاده نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، تلفیقی، کم‌نهاده و متوسط نهاده به ترتیب به میزان ۳۱/۲۹، ۲۷/۹۹، ۷۱/۸۶ و ۳۲/۸۹ درصد افزایش نشان داد. عملکرد دانه در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۳۷/۲۸، ۶۸/۹۶، ۴۳/۰۷ و ۱۸/۳۹ درصد افزایش یافت. عملکرد دانه در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۲۷/۴۶، ۴۴/۴۵، ۲۷/۸۲ و ۲/۷۰ درصد افزایش نشان داد. عملکرد دانه در رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۱۵/۰۴، ۳۹/۹۱، ۳۵/۹۴ و ۰/۷۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش دو عامل بر ویژگی‌های مورد بررسی

Table 7. Mean comparison of two factors interaction effect of characters on the traits

تیمار **Treatment**	محتوای کلروفیل (اسپاد) **Chlorophyll Content (SPAD)**	تعداد غلاف در بوته **Pod No. per plant**	وزن صد دانه (گرم) **100 seed Weight (gr)**	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار) **Biological yield ($kg.ha^{-1}$)**	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) **Seed yield ($kg.ha^{-1}$)**
C_1G_1	38.83 ^{i}	19.33 $^{b-d}$	26.65 ^{e}	5120.66 ^{fg}	2081.00 ^{de}
C_1G_2	42.60 ^{h}	18.10 $^{b-d}$	35.49 $^{a-e}$	6201.58 $^{c-f}$	2083.00 ^{de}
C_1G_3	44.36 ^{gh}	13.86 ^{d}	39.50 $^{a-d}$	4842.67 ^{g}	1880.00 ^{ef}
C_1C_4	44.30 ^{gh}	19.33 $^{b-d}$	41.55 $^{a-c}$	5409.76 $^{e-g}$	2326.30 $^{b-d}$
C_2G_1	44.53 $^{f-h}$	23.21 $^{a-c}$	26.35 ^{e}	5477.33 $^{e-g}$	2394.00 $^{b-d}$
C_2G_2	47.23 $^{c-f}$	17.36 ^{cd}	31.05 $^{c-e}$	7816.28 ^{a}	2655.23 ^{de}
C_2G_3	45.90 $^{d-g}$	22.80 $^{a-c}$	33.13 $^{b-e}$	7077.56 $^{a-c}$	2581.00 ^{bc}
C_2G_4	49.33 $^{a-c}$	25.84 ^{ab}	44.49 ^{ab}	6069.32 $^{c-g}$	3007.33 ^{a}
C_3G_1	43.83 ^{gh}	16.30 ^{cd}	28.53 ^{de}	5989.00 $^{c-g}$	1711.49 ^{f}
C_3G_2	45.26 $^{e-h}$	16.66 ^{cd}	33.17 $^{b-e}$	5775.00 $^{d-g}$	1838.00 ^{ef}
C_3G_3	45.23 $^{e-h}$	16.86 ^{cd}	31.10 $^{c-e}$	6219.18 $^{c-f}$	1780.00 ^{ef}
C_3G_4	46.30 $^{d-g}$	18.83 $^{b-d}$	45.73 ^{a}	4986.00 ^{fg}	1777.66 ^{ef}
C_4G_1	45.86 $^{d-g}$	17.11 ^{cd}	24.59 ^{e}	5416.23 $^{e-g}$	1761.33 ^{ef}
C_4G_2	47.20 $^{c-f}$	12.58 ^{d}	29.21 ^{de}	6726.46 $^{a-d}$	2077.66 ^{de}
C_4G_3	45.23 $^{e-h}$	16.60 ^{cd}	34.30 $^{b-e}$	5881.00 $^{c-g}$	1804.35 ^{ef}
C_4G_4	48.60 $^{a-d}$	22.78 $^{a-c}$	35.23 $^{a-e}$	6417.00 $^{c-e}$	2298.00 ^{cd}
C_5G_1	47.70 $^{b-e}$	19.03 $^{b-d}$	32.50 $^{c-e}$	7715.38 ^{a}	2376.00 $^{b-d}$
C_5G_2	50.53 ^{a}	13.77 ^{d}	33.79 $^{b-e}$	7601.00 ^{ab}	2585.00 ^{bc}
C_5G_3	49.67 $^{a-c}$	19.40 $^{b-d}$	35.66 $^{a-e}$	6467.00 $^{b-e}$	2180.66 ^{d}
C_5G_4	50.30 ^{ab}	28.01 ^{a}	39.86 $^{a-d}$	7733.00 ^{a}	3054.30 ^{a}

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر برهمکنش).

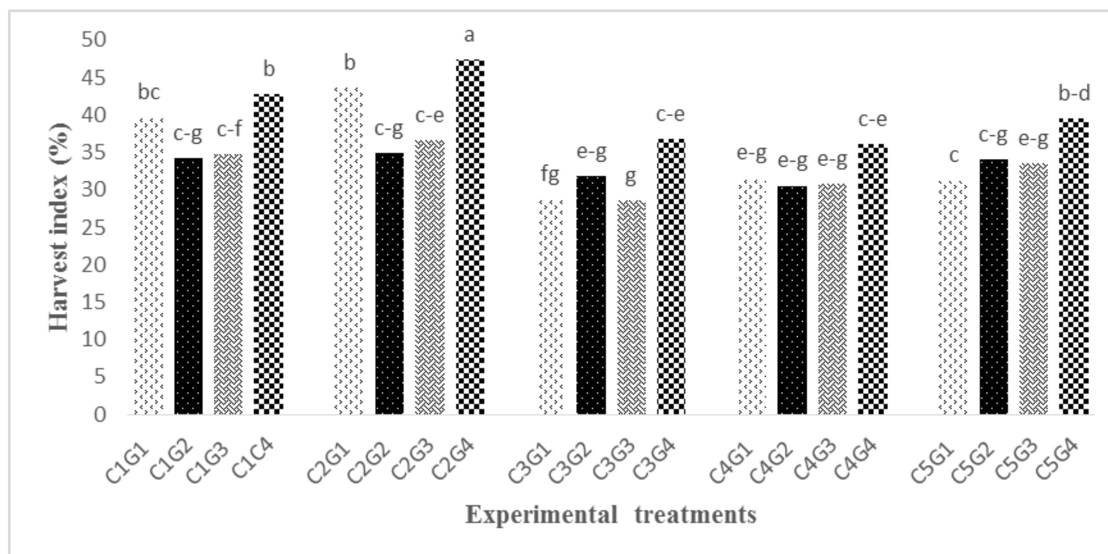
C نظام‌های زراعی (اکولوژیک C1، تلفیقی C2، کم‌نهاده C3، متوسط نهاده C4 و پُرنهاده C5) و G ارقام لوبیاقرمز (افق G1، دادفر G2، گلی G3 و یاقوت G4)

Means in a column followed by the same letter are not significantly in Duncan's multiple range test different at $P \leq 0.05$

Cropping syetems C (Ecological G1, Integrated G2, Low input G3, Medium input G4 and High input G5) and red bean Genotypes (Ofogh G1, Dadfar G2, Goli G3 and Yaghot G4)

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر برهمکنش نظام زراعی و رقم در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت ارقام لوبیاقرمز معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ارقام لوبیاقرمز به لحاظ شاخص برداشت در نظام‌های زراعی مختلف، پاسخ‌های متفاوتی را نشان می‌دهند به‌طوری‌که بیشترین افزایش شاخص برداشت در رقم یاقوت در نظام زراعی تلفیقی و کمترین میانگین شاخص برداشت در رقم گلی در نظام زراعی کم نهاده مشاهده شد. شاخص برداشت در رقم یاقوت نسبت به ارقام افق، دادفر و گلی در نظام زراعی تلفیقی به ترتیب به میزان ۸/۶۴، ۳۵/۷۴ و ۲۹/۳۴ درصد افزایش یافت (شکل ۱). نظام‌های زراعی توانایی رشد شاخص برداشت متفاوتی را در این آزمایش نشان دادند. به‌طوری‌که شاخص برداشت در رقم یاقوت در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۱۰/۸۱، ۲۹/۰۶، ۳۱/۴۲ و ۲۰/۱۶ درصد افزایش نشان داد. شاخص برداشت در رقم گلی در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۵/۴۹، ۲۸/۵۳، ۱۹/۰۵ و ۹/۲۶ درصد افزایش یافت. شاخص برداشت در رقم دادفر در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی

اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۲/۲۸، ۹/۹۰، ۱۴/۴۴ و ۷/۶۳ درصد افزایش نشان داد. شاخص برداشت در رقم افق در نظام زراعی تلفیقی نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده به ترتیب به میزان ۹/۷۸، ۵۱/۸۹، ۳۸/۲۷ و ۳۹/۶۹ درصد افزایش نشان داد (شکل ۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش نظام زراعی و رقم بر شاخص برداشت

میانگین‌های دارای حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (با استفاده از روش برش‌دهی اثر برهمکنش)

C نظام‌های زراعی (اکولوژیکC1، تلفیقیC2، کم‌نهادهC3، متوسط نهادهC4 و پُرنهادهC5) و G ارقام لوبیاقرمز (افقG1، دادفرG2، گلیG3 و یاقوتG4)

Fig 1. Mean comparison of interaction effect of cropping systems and Genotypes on Harvest index

Means with the same letters don't have significant difference, using Slicing method, (p≤0.05).

Cropping syetems C (Ecological G1, Integrated G2, Low input G3, Medium input G4 and High input G5) and red bean Genotypes (Ofogh G1, Dadfar G2, Goli G3 and Yaghot G4)

نظام زراعی تلفیقی توانست هم‌تراز با نظام زراعی پُرنهاده، ویژگی‌های زراعی ارقام لوبیاقرمز را نسبت به نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده و متوسط نهاده به بالاترین سطح خود برای افزایش تولید اقتصادی برساند. از طرفی نظام زراعی اکولوژیک نیز توانست با بهره‌گیری از پتانسیل حمایتی کودهای زیستی و آلی با حذف کامل نهاده‌های شیمیایی (کود و سم) نسبت به نظام‌های زراعی کم‌نهاده و متوسط نهاده عملکرد مطلوبی را تولید کند، اما نسبت به نظام‌های زراعی پُرنهاده و تلفیقی کاهش تولید اقتصادی را نشان داد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که نظام زراعی تلفیقی با مصرف بهینه نهاده‌های شیمیایی و کودهای زیستی و آلی، موجب بهبود توسعه ریشه، اجزای عملکرد و در نتیجه افزایش شاخص برداشت و تولید اقتصادی ارقام لوبیاقرمز می‌شود. در این آزمایش قطر ساقه، تعداد شاخه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، محتوای کلروفیل برگ، تعداد غلاف در بوته و عملکرد زیست‌توده که از مهم‌ترین صفات اثر گذار برای افزایش توانایی تولید اقتصادی در ارقام لوبیاقرمز بودند (جدول ۸) به واسطه بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های شیمیایی و بازسازی نظام زراعی تلفیقی بر اساس منابع کودهای زیستی و آلی قابل دسترس برای کشاورزان افزایش معنی‌داری از خود نشان دادند.

کاربرد کودهای زیستی حاوی میکوریزا از طریق رشد بهتر ریشه‌ها و شاخسار، سبب تعادل بین نمو رویشی و زایشی ارقام لوبیاقرمز می‌شود و با بهبود ویژگی‌های اجزای عملکرد، می‌تواند عملکرد اقتصادی را به‌طور معنی‌داری افزایش دهد (Khavari and shakarami, 2018). تلقیح با ریزوبیوم می‌تواند تا حدی نیاز نیتروژن مورد نیاز برای رشد طبیعی و بهره‌وری بالای لوبیا را تأمین کند به‌طوری که شاهد افزایش گره‌سازی، زیست‌توده، تثبیت نیتروژن و اثر بخشی همزیستی گیاهان میزبان بر عملکرد اقتصادی از ویژگی‌های آن است (Karoline Fiori *et al.*, 2021). کاربرد بیوچار به‌طور بالقوه می‌تواند تولید محصول را افزایش دهد. این خاصیت به بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی موجود در بیوچار نسبت داده می‌شود (Sun *et al.*, 2019). کاربرد بیوچار و ورمی‌کمپوست به تنهایی می‌تواند ظرفیت نگهداری کود در خاک را برای بهبود سرعت فتوسنتز در مرحله گل‌دهی افزایش دهد و در نتیجه موجب افزایش عملکرد اقتصادی محصول شود

(Sun *et al*., 2020). ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد (خاک اصلاح نشده) تعداد گره، ارتفاع بوته، وزن برگ، کلروفیل، کارتنوئید و عملکرد اقتصادی لوبیا را افزایش می‌دهد (Belmeskine *et al*., 2020). در پژوهش‌های مزرعه‌ای انجام‌شده اثر مثبت و معنی‌دار کاربرد کودهای زیستی میکوریزا و ریزوبیوم (Seyahjani Abbasi *et al*., 2020; Khavari and Shakarami, 2018; Recchia *et al*., 2018; Razakatiana *et al*., 2020; De Souza Buzo *et al*., 2022) و کودهای آلی بیوچار (Kumari *et al*., 2022; Velez *et al*., 2018) و ورمی‌کمپوست (Belmeskine *et al*., 2018; Sharma *et al*., 2018) در زراعت حبوبات به‌ویژه ارقام لوبیاقرمز گزارش شده است، که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۸- ضرایب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های مورد بررسی در ارقام لوبیاقرمز

Table 8. Pearson correlation coefficient of measured traits in Red Bean genotypes

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
تعداد گره فعال در ریشه 1. Number of active nodule on root	1										
قطر ساقه 2. Stem diameter	0.419 **	1									
تعداد شاخه جانبی 3. Branch No. per plant	0.608 **	0.616 **	1								
ارتفاع بوته 4. Plant height	0.519 **	0.469 **	0.394 **	1							
تعداد برگ 5. Leafs number	0.781 *	0.522 *	0.506 **	0.699 **	1						
محتوای کلروفیل (اسپاد) 6. Chlorophyll Content (SPAD)	0.620 **	0.416 **	0.382 **	0.564 ns	0.790 **	1					
تعداد غلاف در بوته 7. Pod No. per plant	0.459 **	0.238 ns	0.375 **	0.221 ns	0.313 **	0.080 ns	1				
وزن صد دانه 8. 100 seed weight	0.368 **	0.020 ns	0.201 ns	0.076 ns	0.216 ns	0.183 ns	0.241 ns	1			
عملکرد زیست توده 9. Biological yield	0.458 **	0.377 **	0.362 **	0.713 **	0.522 **	0.540 **	0.048 ns	0.512 ns	1		
عملکرد دانه 10. Seed yield	0.795 **	0.449 **	0.579 **	0.651 **	0.682 **	0.484 **	0.429 **	0.240 ns	0.637 **	1	
شاخص برداشت 11. Harvest index	0.470 **	0.129 ns	0.316 **	0.063 ns	0.279 *	0.995 **	0.513 **	0.484 **	-0.269 *	0.554 **	1

ns، * و **؛ به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, nonsignificant; *, significant at P≤0.05 and **, significant at P≤0.01.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که نظام زراعی تلفیقی می‌تواند علاوه بر کاهش معنی‌دار مصرف نهاده‌های شیمیایی (کود و سم) موجب افزایش تولید پایدار محصول ارقام لوبیاقرمز در مقایسه با نظام‌های زراعی اکولوژیک، کم‌نهاده، متوسط نهاده و پُرنهاده گردد. کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و استفاده از کودهای زیستی و آلی با عرضه عناصر ریزمغذی مکمل، موجب افزایش بهره‌وری ارقام لوبیاقرمز در نظام زراعی تلفیقی شد. که به‌طور مثبت و معنی‌داری ویژگی‌های رویشی و اقتصادی را افزایش داد که در نتیجه محصول نهایی ما می‌تواند دارای مقبولیت اقتصادی و زیست‌محیطی برای کشاورزان و مصرف‌کنندگان آن باشد. هم‌چنین، افزایش شاخص برداشت در همه ارقام نشان داد که نظام زراعی تلفیقی می‌تواند نقش مفیدی در تقویت کارآیی توزیع و انتقال مواد فتوسنتزی (آسیمیلات‌ها) تولید شده در بین اندام‌های گیاه به ویژه اندام‌های تولید کننده عملکرد اقتصادی داشته باشد که این امر نشان دهنده توانایی بیشتر نظام‌زراعی تلفیقی برای تولید پایدار لوبیاقرمز متناسب با اهداف آزمایش در جهت بهبود امنیت غذایی انسان‌ها و افزایش سلامت محصول تولید شده در مزرعه است. اگرچه نظام زراعی اکولوژیک نسبت به نظام زراعی پُرنهاده از نظر تولید اقتصادی سودآور نبود اما توانست عملکرد زیست‌توده، دانه و شاخص برداشت بیشتری نسبت به نظام‌های زراعی کم‌نهاده و متوسط

نهاده (متکی بر استفاده از نهاده‌های شیمیایی)، تولید کند که نشان‌دهنده پتانسیل سود طولانی مدت با کاربرد کودهای زیستی و آلی در این نظام زراعی است. بنابراین نیاز به ارزیابی نظام‌های زراعی برای طولانی مدت و همچنین نرخ بازدهی اقتصادی محصولات زراعی وجود دارد. در نتیجه پیش‌بینی می‌شود که نتایج این مطالعه می‌تواند برای شکل‌دادن به روش‌های مدیریتی جدید برای بهبود تولید محصول لوبیاقرمز مفید باشد و می‌تواند استفاده بیش از حد کودها و سموم شیمیایی را کاهش دهد، با این مفهوم که تنها اقتصادی بودن محصول تولیدی دارای اهمیت نمی‌باشد و روش‌های مدیریت زراعی باید در جهت منافع اجتماعی و زیست‌محیطی بر اساس منابع موجود و قابل دسترس برای کشاورزان، بهینه‌سازی و بازسازی شوند، که در نتیجه به کاهش هزینه‌های تولید اقتصادی و زیست‌محیطی محصول لوبیاقرمز کمک کنند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری همه عزیزان مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (بخش تحقیقات بیولوژی خاک) به عنوان منبع اخذ سویه باکتری *ریزوبیوم*، جناب آقای مهندس محمدحسین فرح‌بخش (مدیر عامل شرکت تعاونی-تولیدی فصل پنجم) برای تهیه بیوچار و همچنین جناب آقای دکتر فرهاد رجالی (دانشیار و عضو هیئت‌علمی محترم مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور) که باراهنمایی‌های ارزنده خود در تهیه کود زیستی میکوریزا و انجام این پژوهش نقش مؤثری داشته‌اند، قدردانی می‌نماییم.

منابع

1. Antil, R.S., Raj, D. 2020. Integrated Nutrient Management for Sustainable Crop Production and Improving Soil Health. In: Meena, R. (eds) Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2_3.
2. Belmeskine, H., Ait Ouameur, W., Dilmi, N., and Aouabed, A. 2020. The vermicomposting for agricultural valorization of sludge from Algerian wastewater treatment plant: impact on growth of snap bean *Phaseolus vulgaris* L. Heliyon 6(8): e04679. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04679.
3. Belmeskine, H., Ouameura, W.A., Dilmia, N., and Aouabed, A. 2018. The vermicomposting for agricultural valorization of sludge from Algerian wastewater treatment plant: impact on growth of snap bean *Phaseolus vulgaris* L. Heliyon 6(8): 04679. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04679.
4. Bhowmik, SN., and Das, A. 2018. Biofertilizers: a sustainable approach for pulse production. In: Meena RS *et al*, (Eds.) Legumes for soil health and sustainable management. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_14.
5. De Souza Buzoa, F., Satin Mortinho, E., Lobo Santana, T.L., Militão Garcia, I., Monteiro de Carvalho, C.L., and Minhoto Teixeira Filho, M.C. 2022. Bean nutrition and development in the function of reduced phosphorus doses and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus. Journal of plant nutrition 45(13): 1942-1952. https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2043372.
6. El-Naggar, A., Lee, S.S., Awad, Y.M., Yang, X., Ryu, C., Rizwan, M., Rinklebe, J., Tsang, D.C.W., and Ok, Y.S. 2018. Influence of soil properties and feedstocks on biochar potential for carbon mineralization and improvement of infertile soils. Geoderma 332, 100-108. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.06.017.
7. Epule, TE. 2019. Contribution of organic farming towords global food security: an overview. In: Chandran S, Unni MR, Thomus S (eds) Organic farming: global perspectives and methods. Publishing series in food science, technology and nutrition. Wood head Publishing, Cambridge, pp 1-16. ISBN: 9780128132739.
8. Gogoi, N., Baruah, KK., and Meena, RS. 2018. Grain legumes: impact on soil health and agroecosystem. In: Meena *et al* (eds) Legumes for soil health and sustainable management. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0253-4_16.
9. Gupta, Sh., and Pandey, S. 2020. Enhanced salinity tolerance in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) plants using twin ACC deaminase producing rhizobacterial inoculation. Rhizosphere Journal 6: 100241. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100241.
10. Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2018. Evaluation of photosynthesis, physiological, and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Pirouz) under water deficit stress and use of vermicompost fertilizer. Journal of Integrative Agriculture 17(11): 2426–2437. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61874-4.

11. Huang, Y., Lee, X., Grattieri, M., Yuan, M., Cai, R., Macazo, F.C., and Minteer, S.D., 2020. Modified biochar for phosphate adsorption in environmentally relevant conditions. Chemical Engineering Journal 380, 122375. https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.122375.
12. Karoline Fioria, A., Oliveira Gutuzzo, G.de., Wilson dos Santos Sanzovo, A., Souza Andrade, D.de, Martinez de Oliveira, A.L., and Pains Rodrigues, E. 2021. Effects of Rhizobium tropici azide-resistant mutants on growth, nitrogen nutrition and nodulation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Rhizosphere 18: 100355. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100355.
13. Khavari, H., and Shakarami, Gh. 2018. Interaction between fungi and plant growth-promoting Rhizobacteria and their role on red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Iranian Journal of Pulses Research 9(2): 178-190. DOI: 10.22067/ijpr. v9i2.62663. In Persian with English Summary.
14. Khavari, H., and Shakarami, Gh. 2019. Response of yield and yield components of six genotypes of Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculation with *Rhizobium phaseoli*. Iranian Journal of Pulses Research 10(2): 132-148. DOI: 10.22067/ijpr. v10i2.70590. (In Persian with English Summary).
15. Kumari, S., Kumar, V., Kothari, R., and Kumar, P. 2022. Effect of supplementing biochar obtained from different wastes on biochemical and yield response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.): An experimental study. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 43: 102432. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102432.
16. Lee, J., Sarmah, A.K., and Kwon, E.E. 2019. Chapter 1-production and formation of biochar. In: Ok, Y.S., Tsang, D.C.W., Bolan, N., Novak, J.M. (Eds.), Biochar from Biomass and Waste. Elsevier, pp. 3–18. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811729- 3.00001-7.
17. Naseri, B., 2019. Legume root rot control through soil management for sustainable agriculture. In: Meena, R.S., Kumar, S., Bohra, J.S., Jat, M.L. (Eds.), Sustainable Management of Soil and Environment. Springer Singapore, Singapore, pp. 217–258. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8832-3_7.
18. Razakatiana, A.T.E., Trap, J., Baohanta, R.H., Raherimandimby, M., Roux, C.Le., Duponnois, R., Ramanankierana, H., and Becquer, T. 2020. Benefits of dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on *Pharsalus vulgaris* planted in a low-fertility tropical soil. Pedobiologia - Journal of Soil Ecology 83: 150685. https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150685.
19. Recchia, G.H., Konzen, E.R., Cassieri, F., Caldas, D.G.G., and Tsai, S.M. 2018. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Leads to Differential Regulation of Drought-Responsive Genes in Tissue-Specific Root Cells of Common Bean. Frontiers in Microbiology 9. doi:10.3389/fmicb.2018.01339.
20. Seyahjani Abbasi, E., Yarnia, M., Farahvash, F., Khorshidi Benam, M.B., and Asadi Rahmani., H. 2020. Influence of Rhizobium, Pseudomonas and Mycorrhiza on Some Physiological Traits of Red Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under different irrigation conditions. Legume Research - An International Journal 43(1): 83-86. DOI: 10.18805/LR-454.
21. Shahgholi, H., Asgharipour, M.R., Khamari, I., and Ghadiri, A. 2019. Evaluation of energy budget of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in different cropping systems. Iranian Journal of Pulses Research 10(1): 126-140. DOI: 10.22067/ijpr. v10i1.63255. In Persian with English Summary.
22. Sharma, A., Sharma, R.P., Katoch, V., and Sharma, G.D. 2018. Influence of vermicompost and split applied nitrogen on growth, yield, nutrient uptake and soil fertility in pole type french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in an Acid Alfisol. Legume Research 41(1): 126-131. DOI: 10.18805/lr. v0iOF.9107.
23. Sun, H., Zhang, H., Shi, W., Zhou, M., and Xiaofang, Ma. 2019. Effect of biochar on nitrogen use efficiency, grain yield and amino acid content of wheat cultivated on saline soil. Plant, Soil and Environment 65(2): 83–89. https://doi.org/10.17221/525/2018-PSE.
24. Sun, Y., Zhang, N., Yan, J., and Zhang, S. 2020. Effects of soft rock and biochar applications on millet (*Setaria italica* L.) crop performance in sandy soil. Agronomy 10(5): 669; https://doi.org/10.3390/agronomy10050669.
25. Taylor, B.N., Simms, E.L., and Komatsu, K.J. 2020. More than a functional group: diversity within the legume–rhizobia mutualism and its relationship with ecosystem function. Diversity 12(2): 50. https://doi.org/10.3390/d12020050.
26. Velez, T.I., Moonilall, N.I., Reed, S., Jayachandran, K., and Scinto, L.J. 2018. Impact of melaleuca quinquenervia biochar on *Phaseolus vulgaris* growth, soil nutrients, and microbial gas flux. Journal of Environmental Quality 47: 1487–1495. doi:10.2134/jeq2017.12.0484.
27. Wang, J., Andersen, S.U., and Ratet, P. 2018. Editorial: Molecular and Cellular Mechanisms of the Legume-Rhizobia Symbiosis. Frontiers in Plant Science 9: 1839. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01839.

28. Yadav, G.S., Das, A., Lal, R., Babu, S., Meena, R.S., Saha, P., Singh, R., Datta, M. 2018. Energy budget and carbon footprint in a no-till and mulch based rice–mustard cropping system. Journal of Cleaner Production 191:144–157. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.173.
29. Ye, L., Camps-Arbestain, M., Shen, Q., Lehmann, J., Singh, B., and Sabir, M., 2020. Biochar effects on crop yields with and without fertilizer: A meta-analysis of field studies using separate controls. Soil Use and Management 36:(1), 2–18. https://doi.org/10.1111/ sum.12546.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 14, No. 1, June 2023, p. 75-91 (Original Research Article)




The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in farm conditions

Khavari[1], Hadi; Khourgami[2*], Ali; Mir Drikvand[3], Reza; and Taleshi[4], Kazem

1. PhD. Student in Agrotechnology-Physiology of Crop Plants, Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran; 2006.khavari.hadi@gmail.com; ORCID: 0002-3127-646X-0000
2. Associate Professor, Academic Staff of the Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran; Ali_khorgamy@yahoo.com; ORCID: 0002-4213-9743-0000
3. Associate Professor, Academic Staff of the Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran; drikvand_r@yahoo.com; ORCID: 0001-5702-6779-0000
4. Assistant Professor, Academic Staff of Islamic Azad University, Khorramabad Branch, Iran; kazem_taleshi@yahoo.com; ORCID: 0003-0003-4445-8059

The Dates:
Received: 27 August 2022; **Revised:** 13 November 2022
Accepted: 30 November 2022; **Available Online:** 22 June 2023

How to cite this article:
Khavari, H., Khourgami, A., Mir Drikvand, R., and Taleshi, K. 2023. The compression effect of nutrition and chemicals agricultural poisons management on grows and grain yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in farm conditions. Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 75-91. (in Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2208-1044

Introduction
On a global scale, the demand for agricultural products is increasing at the same time as the human population is growing. Low and middle income countries are struggling to deal with their food security challenges. from one side, Modern agriculture is being done with the aim of producing maximum crops to meet the needs of the world's growing population and without ensuring its effects on the environment. Conventional agricultural practices around the world depend on the extensive use of chemical fertilizers and pesticides. nowadays, in all cropping systems, reducing dependence on subsidized energy (fertilizers and chemical pesticides) is one of the main goals. Therefore, it is very important to use the best management practices of nutrients in diverse ecosystems and different production systems to increase food production and improve farm profitability along with improving the efficiency of natural resources. Sustainable cropping systems ensure the long-term performance of the products produced for the developing population now and in the future without compromising the biological and physical components of the environment in which the production is taking place. One of the most important tools to achieve this goal is the use of organic fertilizers of natural origin and effective microorganisms during the production of crops. As a result, it will be possible to maintain crop productivity and increase soil health in the long term only by increasing the share of organic resources and biological fertilizers in agricultural ecosystems. In several field researches, the beneficial role and efficiency of using mycorrhizal and rhizobium biofertilizers and biochar and vermicompost organic fertilizers in the production of legumes, especially Red beans, have been reported.

Materials and Methods
This experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications during growing season of 2021 at the experimental field of beiranshahr city of Khorramabad in Lorestan Province, Iran (48° 29' E, 33° 40' N and 1657m above the sea level). Before conducting the experiment to determine the physical and chemical properties of soil samples were collected from 0-30 and 30-60 cm depth of soil. During this experiment effects of tow factors were studied: different cropping systems included (ecological, integrated, low input, medium input and high input) and different

* **Corresponding Author:** Ali_khorgamy@yahoo.com

variety of red beans (Ofogh, Dadfar, Goli and Yaghot). Arbuscular mycorrhizal inoculum was used at the rate of 250 kg. ha^{-1}. Inoculation with rhizobium inoculum in the shade. Rhizobium inoculum was added at the rate of 50 ml for each kilogram of seeds. Biochar was used at the rate of 10 tons per hectare and vermicompost at the rate of 15 tons per hectare. Seed yield (with 10-14% moisture) was measured. The number of stem diameter, number of branches per plant, plant height, number of leaves per plant, and number of pods per plant were determined by randomly selecting 10 plants (60 cm long) from each experimental unit and Chlorophyll content of the leaf was estimated by using chlorophyll meter SPAD-502 Plus, Konica Minolta.

Results and Discussion

The results showed that the main effect of cropping systems on the stem diameter, number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, number of pods, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index were significantly increased. The main effect of variety the number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, pod number, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index were significantly increased too. and the interaction effects of cropping systems and variety, the stem diameter, number of branches, plant height, number of leaves, chlorophyll content, number of pods, seed weight, biomass yield, seed yield and harvest index of red bean variety were significantly increased. The highest seed yield was obtained in Yaghot variety in high inpout cropping system (3054.30 kg/ha^{-1}) and Yaghot variety in integrated cropping system (3007.33 kg/ha^{-1}), both in the same statistical class. The grain yield in Yaqut cultivar increased by 27.56, 18.14 and 40.09 percent, respectively, compared to Ofogh, Dadfar and Goli cultivars in the high-input cropping system. And in the integrated cropping system, it showed an increase of 26.02, 13.25 and 16.50 percent, respectively.

Conclusion

Obtained results of this experiment showed that the integrated cropping system was able to bring the agricultural characteristics of red bean variety to the highest level in comparison with the ecological, low-input and medium-input cropping systems, in order to increase economic production, on par with the high-input cropping system. As a result, it is predicted that the results of this study can be useful for shaping new management methods to improve red bean crop production.

Keywords: Food security، Grain yield، Harvest index، Leaf chlorophyll، Sustainable production